

REC'D PCT/PTO 15 JUL 2004

PGI/EP 02 / 14499



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

10/501723

REC'D 06 FEB 2003

WIPO PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02001348.8

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

R C van Dijk

BEST AVAILABLE COPY



Anmeldung Nr.:  
Application no.: 02001348.8  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 18.01.02  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München  
ALLEMAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Turbine mit mindestens vier Stufen und Verwendung einer Turbinenschaufel mit  
verringelter Masse

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)  
revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

F01D/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR

Turbine mit mindestens vier Stufen und Verwendung einer Turbinenschaufel mit verringerter Masse

- 5 Die Erfindung betrifft eine Turbine mit mindestens vier Stufen gemäß Anspruch 1 und Verwendung einer Turbinenschaufel mit verringerter Dichte gemäß Anspruch 9.

10 Die Verwendung von keramischen Leitschaufeln in Gasturbinen ist aus der US-PS 3,992,127 bekannt. Keramische Leitschaufeln werden eingesetzt, weil die Keramik gute  
Hochtemperatureigenschaften aufweist. Insbesondere in der ersten Reihe hinter der Brennkammer (erste Stufe der Turbine) treten besonders hohe Temperaturen auf, die nur Keramiken.  
15 aushalten können, wobei die Turbinenschaufeln in der ersten Reihe die kleinsten sind.

Aus der US-PS 5,743,713 ist eine keramische Schaufel bekannt, die in eine metallische Läuferscheibe einer Turbine  
20 eingesetzt ist.

Aus der US-PS 4,563,128 ist eine keramische Schaufel bekannt, die einen metallischen Kern aufweist, der außen mit Keramik umkleidet ist und sich bis zu einem radialen Ende der  
25 Schaufel erstreckt. Der Volumenanteil des metallischen Kerns ist sehr hoch.

Keramische Laufschaufeln werden bisher nur auf Grund ihrer hohen Temperaturbeständigkeit in der oder den  
30 temperaturkritischen Stufen einer Turbine eingesetzt, während in den nachfolgenden Stufen üblicherweise metallische Laufschaufeln (insbesondere aus Ni-Basislegierungen oder aus TiAl-Legierungen) Verwendungen finden.

35 Eine deutliche Steigerung des Wirkungsgrades von Gasturbinen kann erzielt werden, wenn zumindest ab der vierten Stufe die Turbinenlaufschaufeln z.B. um etwa 20% gegenüber einer

herkömmlichen Dimensionierung vergrößert werden. Diese Vergrößerung ab der vierten Stufe führt allerdings bei unveränderter Drehzahl zu einer erheblichen Zunahme der Fliehkräfte bei den Schaufeln, welche diese und die Scheiben, an denen die Schaufeln befestigt sind, in unzulässiger Weise belasten.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine Turbine aufzuzeigen, deren Wirkungsgrad gegenüber einer Turbine mit herkömmlicher Beschau felung erhöht ist.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die Turbine in der vierten Stufe jeweils Laufschaufeln mit einer Länge von mindestens 50cm Länge aufweist, die einen hohen Anteil von einem Material mit einer Dichte von maximal  $4\text{g/cm}^3$  haben und bspw. aus Keramik sind, wodurch die Masse gegenüber einer üblichen metallischen Beschau felung in herkömmlicher Dimensionierung deutlich verringert ist. Daher kann die Schaufellänge oder Schaufelblattlänge gegenüber metallischen Schaufeln erheblich verlängert werden.

Es können auch Vollkeramik- oder Hohlkeramikschaufeln verwendet werden, die auf metallischen Scheiben des Turbinenläufers befestigt sind, wie es aus der US-PS 5,743,713 bekannt ist.

Ebenso vorteilhaft ist es, keramische Laufschaufeln zu verwenden, die einen metallischen Kern aufweisen, der von Keramik umgeben ist. Dabei ist der Volumenanteil der Keramik sehr hoch, so dass gegenüber einer rein metallischen Schaufel mit einer eventuell vorhandenen dünnen keramischen Schutzschicht eine deutlich geringere Masse vorhanden ist.

Ein weiterer Vorteil einer leichteren Schaufel ist es, dass die mechanische Belastung der Scheibe, an der die Schaufel befestigt ist, bei der Rotation aufgrund der geringeren anhängenden Masse kleiner ist.

In den Figuren ist die Erfindung schematisch dargestellt und wird nachfolgend mit weiteren Einzelheiten und vorteilhaften  
5 Weiterbildungen näher erläutert.

Es zeigen

Figur 1 eine Gasturbine,  
Figur 2 einen Teilbereich einer Gasturbine mit einer vierten  
10 Laufschaufelstufe,  
Figur 3 eine Laufschaufel und eine Läuferscheibe,  
Figur 4 einen Schnitt entlang der Linie IV-IV der Figur 3,  
Figur 5a, b weitere Ausführungsbeispiele einer Laufschaufel.

15

Figur 1 zeigt schematisch in einem Längsschnitt eine Turbine, bspw. eine Gasturbine 41. Die Erfindung ist aber nicht beschränkt auf eine Gasturbine.

20

Entlang einer einen Zuganker 4 aufweisenden Turbinenwelle sind ein Verdichter 47, eine Brennkammer 50 und ein Turbinenteil 53 hintereinander angeordnet. Das Turbinenteil 53 weist einen Heissgaskanal 56 auf. Im Heissgaskanal 56 sind Gasturbinenschaufeln 13, 16 angeordnet. Leitschaufel- und

25

Laufschaufelkränze sind wechselnd aufeinanderfolgend vorgesehen. Die Gasturbinenschaufeln 13, 16 werden beispielsweise über eine kombinierte Luft- und/oder

30

Dampfkühlung gekühlt. Dazu wird beispielsweise dem Verdichter 47 Verdichterluft entnommen und über eine Luftführung 63 den Gasturbinenschaufeln 13, 16 zugeführt. Über eine Dampfzuführung 66 wird den Gasturbinenschaufeln 13, 16 bspw. auch Dampf zugeführt. Vorzugsweise stammt dieser Dampf aus einer Dampfturbine eines kombinierten Gas- und Dampfprozesses.

35

Figur 2 zeigt einen Ausschnitt einer Gasturbine 41. Die Gasturbine 41 hat eine Turbinenwelle mit einem Zuganker 4, der sich um eine Achse 7 dreht. In radialer Richtung 19, die senkrecht zur Achse 7 verläuft, erstrecken sich mehrere

- 5 Leitschaufeln 13 und mehrere Laufschaufeln 16, die bspw. in dem Heissgaskanal 56 angeordnet sind. Es sind mindestens vier Laufschaufelreihen und bspw. vier Leitschaufelreihen, also vier Stufen vorhanden. Die erste Leitschaufelreihe kann bspw. durch eine spezielle Brenneranordnung ersetzt werden.
- 10 Von den Schaufeln 16 in der vierten Stufe ist hier nur eine beispielhaft dargestellt.

- Die Laufschaufeln 16 sind beispielsweise auf Metallscheiben (25, Fig. 3) an der durch den Zuganker 4 zusammengehaltenen
- 15 Turbinenwelle befestigt und drehen sich mit dem Zuganker 4 um die Achse 7.

- Die Leitschaufeln 13 sind drehfest an einem Gehäuse 10 der Gasturbine 41 befestigt.

- 20 In Richtung der Achse 7 strömt ein Heißgas 22 in der Zeichnung von links nach rechts und ist mit einem Pfeil schematisch dargestellt.

- Die in Strömungsrichtung 22 vierte Laufschaufelreihe ist mit
- 25 V4 gekennzeichnet. Die Laufschaufeln in der vierten Stufe sind jeweils Laufschaufeln 16, die einen hohen Materialvolumenanteil aus einem Material mit einer Dichte von maximal  $4\text{g/cm}^3$  haben und bspw. aus Keramik sind und die eine Länge von mindestens 50cm, insbesondere von mindestens 65cm
- 30 aufweisen.

- Da die Dichte von keramischen Werkstoffen im Bereich von 1,5 bis  $3,5\text{g/cm}^3$  liegt und damit deutlich unter den Dichten von Nickel-Basis-Legierungen mit  $8\text{g/cm}^3$  und von TiAl-Legierungen
- 35 von etwa  $4,5\text{g/cm}^3$  liegt, weist eine solche keramische Laufschaufel eine gegenüber einer entsprechenden metallischen Laufschaufel deutliche Reduzierung der Masse auf, so dass bei

der Rotation dieser Laufschaufeln geringere Fliehkräfte, insbesondere am äußeren radialen Ende 37 der Laufschaufel 16 auftreten und insbesondere den Fuß der Laufschaufel 16 und dessen Verankerung in der Turbinenwelle belasten.

5

Durch die Verlängerung der Turbinenlaufschaufeln der vierten Reihe um z.B. etwa 20% lässt sich eine erhebliche Steigerung des Wirkungsgrades von Gasturbinen erzielen. Keramische Laufschaufeln sind beispielsweise ganz aus Keramik, wobei die  
10 Keramik vorteilhaft aus verschiedenen Schichten von Keramiken bestehen kann. So können faserverstärkte CMC Oxidkeramiken oder faserverstärkte CMC-Nichtoxidkeramiken nicht-oxidische Keramiken wie z. B. Kohlenstofffasern oder SiC-Fasern in  
15 einer entsprechenden Kohlenstoff- oder Silizium-Karbid-Matrix verwendet werden. Ebenso können oxidische Systeme verwendet werden, z. B. Mullit-Fasern oder Aluminium-Oxid-Fasern in einer Mullit-Matrix.

Die Keramiken können wiederum mit einer Schutzschicht 36  
20 (Fig. 4a) gegen Korrosion und Oxidation beschichtet sein, wie sie von den metallischen Turbinenschaufeln bekannt sind: Yttrium stabilisiertes Zirkonoxid, Bornitrid, Spinelle. . . .

25 Figur 3 zeigt eine Laufschaufel 16 mit einer Länge L zwischen Plattform 17 und radialem Ende der Laufschaufel 16, die bspw. vollkommen aus Keramik gebildet und in einer metallischen Läuferscheibe 25 drehfest eingesetzt ist. Die metallische Scheibe 25 ist mit dem Zuganker 4 verbunden und dreht sich  
30 mit ihm.

Der Durchmesser der Scheibe 25 ist nicht größer als üblich und auch nicht den höchsten Temperaturen innerhalb des Heissgaskanals 56 ausgesetzt, so dass man wie bei einer  
35 herkömmlichen Turbine weiterhin Metall als Material für die Scheibe 25 verwenden kann.

Ebenso ist es möglich, sogenannte Hybrid-Turbinenschaufeln zu verwenden, die noch einen metallischen Kern aufweisen, der von einer Keramik umgeben ist, wie es beispielsweise aus der US-PS 4,563,128 bekannt ist. Der Offenbarungsgehalt dieser Schrift zum Aufbau der keramischen Turbinenschaufel soll ausdrücklich Offenbarungsgehalt dieser Anmeldung sein. Weitere Arten von Hybridschaufeln sind denkbar.

- 10 Figur 4 zeigt eine beispielhafte Hybridschaufel 16. Ein  
Schaufelblatt 28 besteht an seiner Aussenfläche aus Keramik  
39. Im Innern ist ein metallischer Kern 31 bspw. aus einer  
Nickel- und/oder Cobalt-Superlegierung vorhanden. Der  
metallische Kern 31 bildet bspw. auch einen Fussteil 34 der  
15 Schaufel 16.

- In radialer Richtung 19 erstreckt sich der metallische Kern  
31 nicht bis zum radialen Ende 37 der Schaufel 16, sondern  
bspw. nur bis zu z.B. 70% der Länge des Schaufelblatts 28 in  
20 radialer Richtung 19, da sonst die durch die Fliehkräfte bei  
der vorgesehenen Drehzahl der Turbine hervorgerufenen  
Belastungen die mechanische Festigkeit des metallischen Kerns  
oder des Schaufelfußes oder der Verankerung in der  
Turbinenwelle übersteigen würden.

- 25 Der metallische Kern 31 kann zumindest teilweise aus  
metallischen Schaum sein, um eine weitere Gewichtsersparnis  
zu erzielen.

- 30 Der Volumenanteil am Material der Keramik beträgt mindestens  
40% oder überragt bspw. auch den des metallischen Kerns 31,  
so dass die Schaufel 16 einen hohen Materialvolumenanteil aus  
Keramik aufweist.

- 35 Der Anteil der Keramik 39 kann sich auch überwiegend am Ende  
37 der Schaufel 16 befinden, da dort die grössten Fliehkräfte  
auftreten (Fig. 5a). Ein restlicher Teil 38 der Schaufel 16



besteht aus Metall, bspw. aus einer Nickel- und/oder Cobalt-Superlegierung. Die Hybridschaufel 16 kann auch zur weiteren Gewichtsreduzierung innen hohl ausgeführt sein.

- 5 Ebenso kann, wie in Figur 5b dargestellt ist, ein Gerüst aus 40 aus Metall bspw. aus einer Nickel- und/oder Cobalt-Superlegierung vorgesehen sein, in das keramische Teile eingesetzt werden.
- 10 Das Gerüst 40 besteht bspw. aus einer Vorderkante 70, die von dem Medium in Strömungsrichtung zuerst angeströmt wird, einer Hinterkante 73, dem Fussteil 34 und der Spitze 76 sowie dem radialen Ende 37.
- 15 Die Laufschaufel 16 kann innen auch hohl sein und durch Luft und/oder Dampfkühlung mit oder ohne Filmkühlbohrungen gekühlt werden.

Es ist bisher nicht bekannt, dass man keramische

- 20 Laufschaufeln in gegenüber herkömmlicher Dimensionierung deutlich vergrößerter Länge auf Grund ihrer geringeren Dichte und der damit verbundenen Reduzierung der Fliehkräfte vorteilhaft zur Steigerung des Turbinenwirkungsgrades einsetzen kann.

## Patentansprüche

1. Turbine, insbesondere Gasturbine,  
die zumindest vier Stufen von aufeinanderfolgend  
angeordneten Turbinenschaufeln aufweist,  
wobei eine Stufe jeweils durch eine Laufschaufelreihe und  
eine Leitschaufelreihe gebildet ist,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
zumindest die vierte Laufschaufelreihe (V4) Laufschaufeln  
(16) aufweist, bei denen ein hoher Volumenanteil des  
Materials eine Dichte von maximal  $4\text{g/cm}^3$  aufweist, so dass  
gegenüber einer metallischen Laufschaufel eine deutlich  
verringerte Masse vorhanden ist, und  
dass die Laufschaufeln (16) eine Mindestlänge von 50cm  
aufweisen.
2. Turbine nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Laufschaufel (16) jeweils in einer metallischen  
Läuferscheibe (25) eingesetzt ist.
3. Turbine nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Laufschaufel (16) jeweils einen metallischen Kern (31)  
aufweist, der von Keramik (39) umgeben ist.
4. Turbine nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Laufschaufel (16) jeweils nur aus Keramik (39) ist.
5. Turbine nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Laufschaufel (16) eine Länge von mindestens 65cm  
aufweist.

6. Turbine nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Volumenanteil der Keramik (39) mindestens 40% beträgt.

5 7. Turbine nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Laufschaufel (16) zumindest ab 80% der Länge (L) des  
Schaufelblatts (28) in radialer Richtung (19) nur noch aus  
Keramik (39) ist.

10

8. Turbine nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Laufschaufel (16) ein metallisches Gerüst (40)  
aufweist, in das Keramikteile (39) eingesetzt sind.

15

9. Turbine nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das Material mit der Dichte von maximal  $4\text{g/cm}^3$  eine  
Keramik oder ein Glas ist.

20

10. Turbine nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das Material mit der Dichte von maximal  $4\text{g/cm}^3$  ein  
kohlenstoffhaltiges Material ist.

25

11. Verwendung einer Turbinenschaufel,  
mit einem hohen Volumenanteil des Materials aus Keramik,  
mit einer Mindestlänge von 50cm zumindest in der vierten  
Reihe eines Laufschaufelkranzes (V4) einer Turbine (41)  
zur Reduzierung der Masse einer Turbinenschaufel (16).

30

## Zusammenfassung

Turbinenschaufel mit mindestens vier Stufen und Verwendung einer Laufschaufel mit verringerter Masse

5

Nach dem Stand der Technik bereiten Laufschaufeln in der vierten Stufe einer Gasturbine, die eine Länge von 50cm überschreiten, Probleme bezüglich der mechanischen

10. Festigkeit, weil beim Rotieren der Laufschaufeln zu große Fliehkräfte auftreten.

Eine erfindungsgemäße Laufschaufel (16) in der vierten Reihe (V4) einer Gasturbine (41) weist durch einen hohen

- 15 Keramikanteil eine geringere Dichte auf, so dass die Fliehkräfte reduziert sind.

Figur 2

EPO - Munich  
22  
18. Jan. 2002

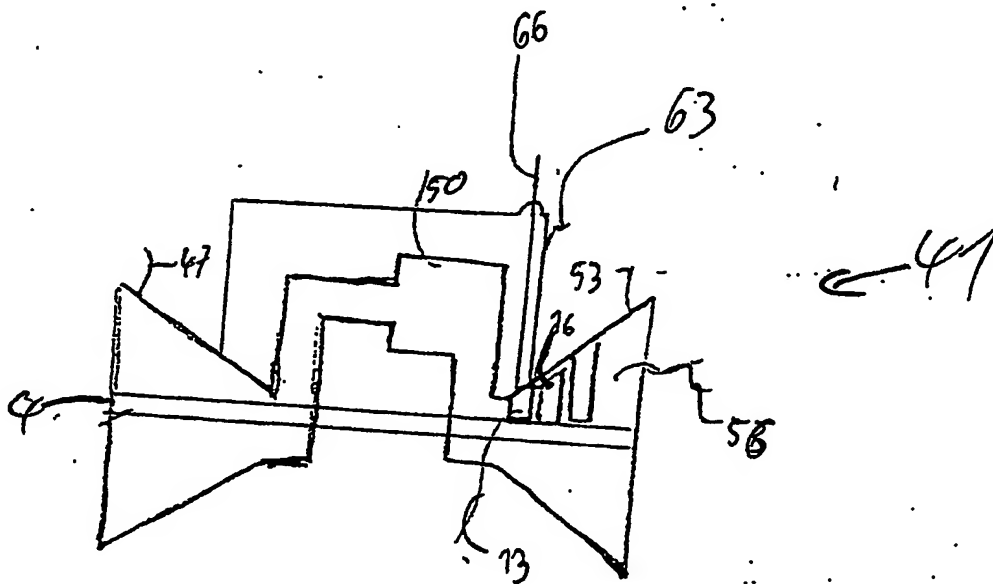


Fig 1

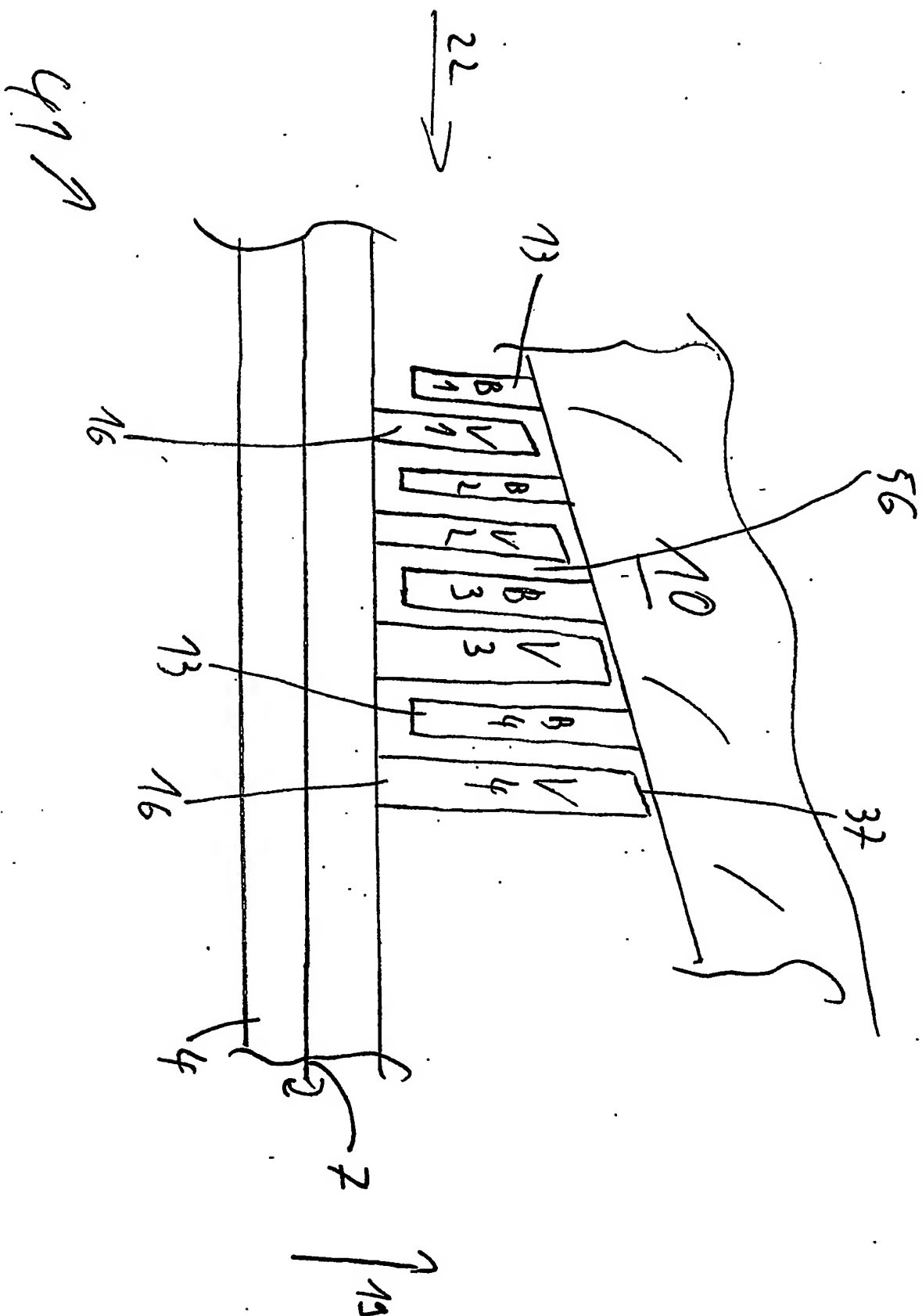


Fig. 2

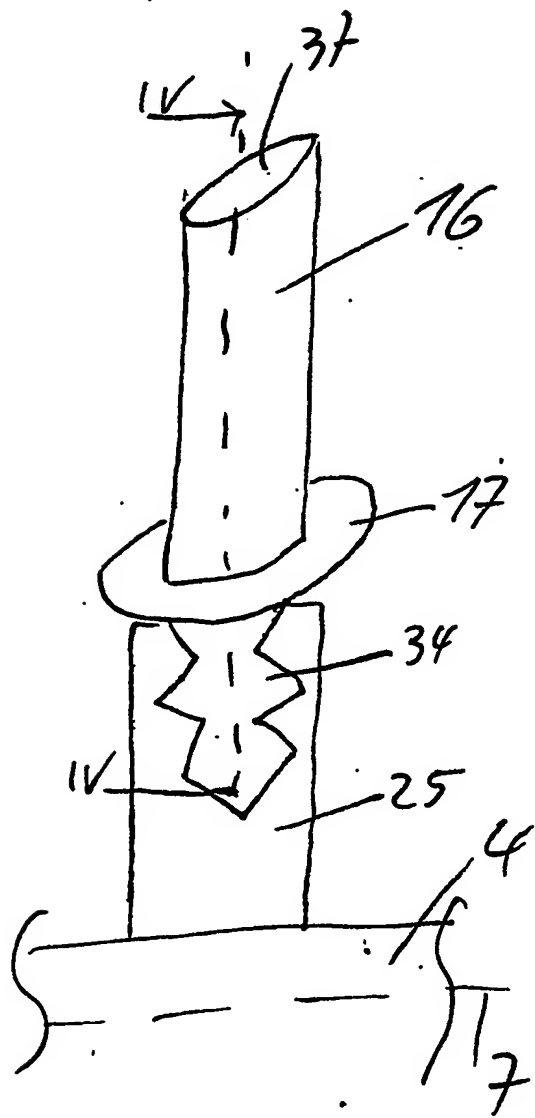


Fig. 3

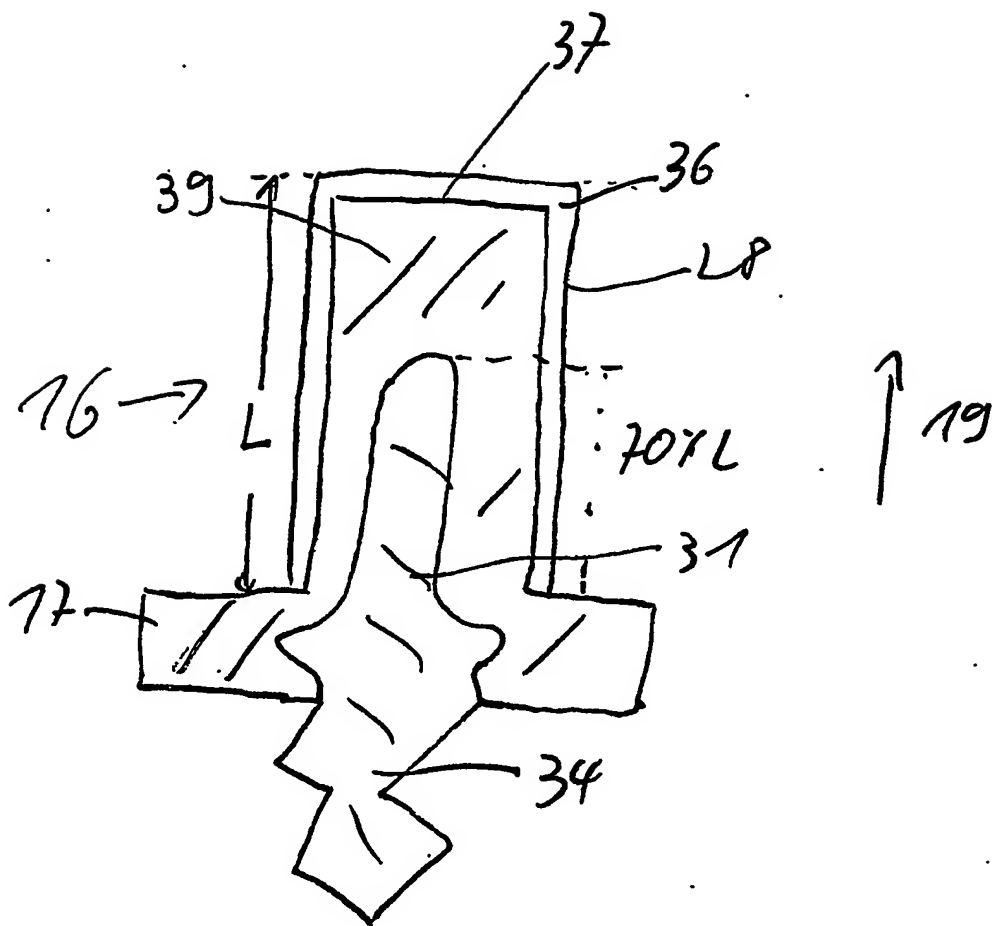


Fig 4



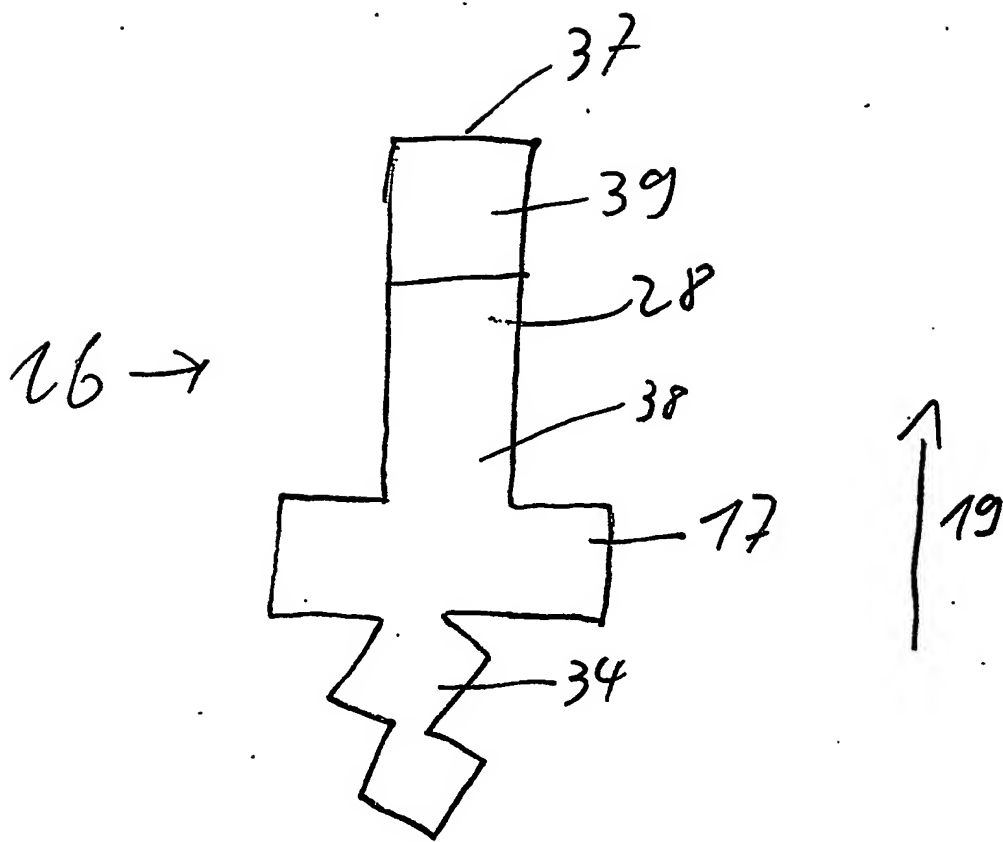


Fig 5a

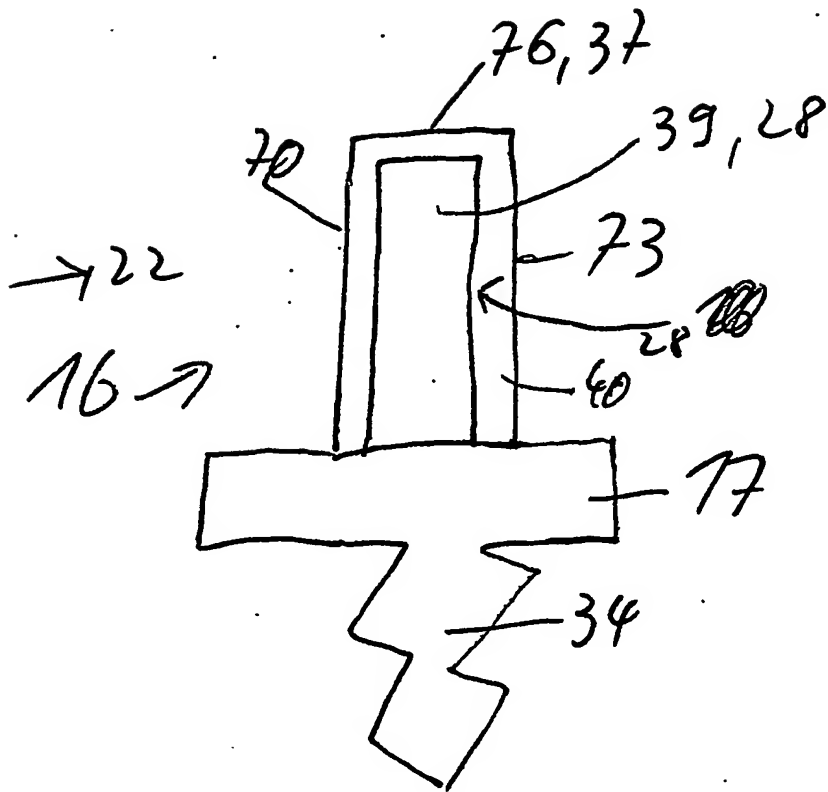


Fig 5b

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**